(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2016-129907
(P2016-129907A)
(43)公開日　平成28年7月21日(2016.7.21)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
B23K 35/26	(2006.01)	B23K	35/26	310A
C22C 13/00	(2006.01)	C22C	13/00	
C22C 13/02	(2006.01)	C22C	13/02	

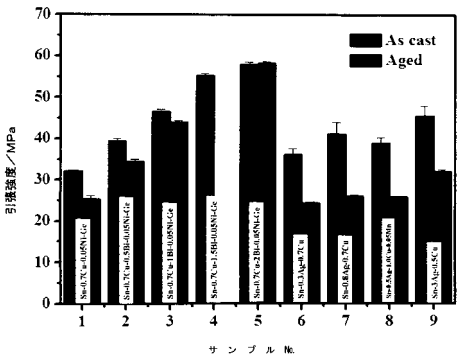
審査請求 未請求　請求項の数 4　OL　（全 23 頁）

(21)出願番号　特願2015-236930 (P2015-236930)
(22)出願日　平成27年12月3日 (2015.12.3)
(62)分割の表示　特願2015-524557 (P2015-524557)の分割
原出願日　平成27年4月28日 (2015.4.28)
(31)優先権主張番号　特願2014-94277 (P2014-94277)
(32)優先日　平成26年4月30日 (2014.4.30)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願2015-4403 (P2015-4403)
(32)優先日　平成27年1月13日 (2015.1.13)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(71)出願人　592025786
株式会社日本スペリア社
大阪府吹田市江坂町１丁目１６番１５号
(74)代理人　100114557
弁理士　河野　英仁
(74)代理人　100078868
弁理士　河野　登夫
(72)発明者　西村　哲郎
大阪府吹田市江坂町１丁目１６番１５号
株式会社日本スペリア社内
(72)発明者　西村　貴利
大阪府豊中市勝部一丁目９番１５号　株式会社日本スペリア社Ｒ＆Ｄセンター内

(54)【発明の名称】鉛フリーはんだ合金

(57)【要約】
【課題】本発明は、はんだ接合後の高温状態に於いても接合強度が低下せず高い接合強度を維持し、高い信頼性を有し、汎用性のある鉛フリーはんだ合金及びはんだ接合の提供を目的とする。
【解決手段】本発明は、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉを基本組成とし、Ｃｕを０．１～２．０質量%とＮｉを０．０１～０．５質量%含有し、更にＢｉが０．１～５質量%を含有し、Ｓｎが７６．０～９９．５質量%を含有する鉛フリーはんだ合金組成とすることによって、接合時は勿論のこと高温に長時間曝された状態でもはんだ接合部の接合強度が低下せず、高い信頼性を有するはんだ接合を可能とした。
【選択図】 図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
Ｃｕが０．１～２．０質量％、Ｎｉが０．０１～０．５質量％、Ｂｉが１．０（１．０を含まず）～２．０質量％未満、Ｇｅが０．００１～１．０質量％、及び残部がＳｎであり、
０．００５質量％のＰ、０．０５質量％のＣｏ、０．００５質量％のＴｉ、０．０１質量％のＡｌ、１質量％のＡｇのうち、少なくとも１つを更に含有することを特徴とする鉛フリーはんだ合金。
【請求項２】
Ｓｂが０．１～５．０質量％、Ｉｎが０．１～１０．０質量％、及びＧａが０．００１～１．０質量％から選択される１種又は２種以上添加したことを特徴とする請求項１記載の鉛フリーはんだ合金。
【請求項３】
Ｉｎを０．１質量％～６質量％含有することを特徴とする請求項１又は２に記載の鉛フリーはんだ合金。
【請求項４】
請求項１から請求項３の何れかに記載の鉛フリーはんだ合金を用いることを特徴とするはんだ接合部。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、経時劣化が少ない長期信頼性に優れた鉛フリーはんだ合金、及び当該はんだ合金を用いたはんだ継手に関する。
【背景技術】
【０００２】
地球環境負荷軽減のため、電子部品の接合材料として鉛フリーはんだが広く普及しており、Ｓｎ-Ａｇ-Ｃｕ系はんだ合金やＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ系はんだ合金はその代表的な組成である。
近年、Ｓｎ-Ａｇ-Ｃｕ系はんだ合金及びＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ系はんだ合金に加え、ＢｉやＩｎ、Ｓｂ等を添加した鉛フリーはんだ合金やＳｎ-Ｚｎ系はんだ合金等の接合用途や特性に対応した鉛フリーはんだ合金が提案されている。
【０００３】
とりわけ、接合部の機械的強度の向上や固相線温度を下げる目的で、ＢｉやＳｂ、Ｉｎを添加した鉛フリーはんだ合金が開示されている。
例えば、特許文献１では、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ基本組成に０．０１～３重量％のＢｉを添加し、はんだの融点制御を容易にした鉛フリーはんだ合金が開示されている。
また、特許文献２では、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｓｂ基本組成に１重量％以下の割合でＢｉを添加し、機械的強度を向上させた鉛フリーはんだ合金が開示されている。
そして、特許文献３では、ＳｎにＣｕ、Ｎｉ、及びＢｉを０．００１～５重量％添加し、接着強度の向上と固相線温度を下げる効果を有する鉛フリーはんだ合金が開示されている。
更に、出願人は、特許文献４に於いて、Ｓｎ-Ｂｉ共晶組成に一定量のＮｉ及びＣｕを添加することにより、はんだ接合部及びはんだ接合界面に六方最密充填構造を有する金属間化合物を形成させて、はんだ接合時の強固な接合強度を有する鉛フリーはんだ合金を開示している。
【０００４】
しかし、特許文献１～特許文献４で開示されている技術には課題も残されており、例えば、特許文献１で開示されているはんだ合金組成にはＣｕの配合量が２～５重量％と代表的な鉛フリーはんだ組成であるＳｎ-Ａｇ-Ｃｕ系はんだ合金やＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ系はんだ合金よりも１５０℃以上高い温度である４００℃を超えるはんだ付け温度が必要である。

また、特許文献２で開示されているはんだ合金組成は基本組成にＳｂが１０重量％以上配合されているため、実施例にあるように固相線温度が２３０℃以上であり、特許文献１同様に従来の代表的な鉛フリーはんだ組成に比べ、高い温度でのはんだ付け工程が必要となる。

そして、特許文献３で開示されている技術は極細線はんだに限定したはんだ合金組成であり、種々のはんだ接合に対応するものではなく、汎用性に課題が残っている。

一方、特許文献４で開示されている技術は、接合界面にＮｉＡｓ型結晶構造を有する金属間化合物を形成させることにより強固な接合を目的とした技術であり、配合するＳｎ及びＢｉの比率が、Ｓｎ：Ｂｉ＝７６～３７原子量％：２３～６３原子量％であり、共晶付近を対象としている。

更に、特許文献５で開示されている技術は、極低温で錫ペストの発生が防止され、かつ濡れ性及び耐衝撃性の良好なＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉからなるはんだ合金組成であり、当該発明の目的から、Ｃｕ配合量が０．５～０．８質量%、Ｎｉ配合量が０．０２～０．０４質量％、Ｂｉ配合量が０．１質量%以上、１質量％未満と限定された数値となっている。

【０００５】

また、電子機器のはんだ接合部は、通常、電子機器が使用される場合は、はんだ接合部は通電された状態であり、はんだ接合部が高温にさらされる場合も生じる。

そこで、はんだ接合の信頼性には、はんだ接合時の接合強度は勿論のこと、高温に曝された場合での接合強度も重要になってくる。

ところが、特許文献１～特許文献５で開示されている技術には高温で長時間曝された場合の接合強度に関して何らの示唆もない。

そして、電子機器の長期使用に十分に耐えられる高い信頼性を有するはんだ接合が可能な、且つ、はんだ接合に於いて汎用性のある鉛フリーはんだ合金が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２００１－３３４３８４号公報

【特許文献２】特開２００４－２９８９３１号公報

【特許文献３】特開２００６－２５５７６２号公報

【特許文献４】特開２０１３－７４４号公報

【特許文献５】ＷＯ２００９／１３１１１４公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

本発明は、はんだ接合後の高温状態に於いても接合強度が低下せず、高い接合強度を維持すると共に高い信頼性を有し、汎用性のある鉛フリーはんだ合金及びはんだ接合部の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本発明者らは、上記目的を達成すべく、鉛フリーはんだ合金組成及び金属間化合物に着目して鋭意検討を重ねた結果、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉを基本組成とする鉛フリーはんだ合金に一定量のＢｉを添加することにより、はんだ接合部が高温に曝された状態に於いても接合強度の低下が抑制されることを見出し、本発明を完成するに至った。

【０００９】

すなわち、本発明は、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉを基本組成とし、Ｃｕが０．１～２．０質量％、Ｎｉが０．０１～０．５質量％、Ｂｉが１．０（１．０を含まず）～２．０質量％未満、更にＧｅが０．００１～１．０質量％含有し、残部がＳｎである鉛フリーはんだ合金組成とすることによって、接合時は勿論のこと高温に長時間曝された状態でもはんだ接合部の接合強度が低下せず、接合強度を維持する高い信頼性を有するはんだ接合を可能とした。

【発明の効果】

【００１０】
本発明は、はんだ製品の使用方法や形態に限定されることのない汎用性のある鉛フリーはんだ合金であり、はんだ接合部が高温状態に長時間曝された場合でも接合強度が低下しないため、電子機器の接合は勿論のこと大電流が流れるはんだ接合部を有する機器や高温状態に曝される機器等に広く応用が可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】試験結果を示すグラフである。
【図２】表２の組成を有する各サンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【図３】表４の組成を有する各サンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【図４】Ｃｕの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【図５】Ｎｉの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【図６】Ｇｅの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【図７】Ｉｎの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【図８】Ｉｎ変化サンプルの伸び率の測定結果をまとめたグラフである。
【図９】添加元素が添加されたサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下に、本発明について詳細に説明する。
従来、電子機器等のはんだ接合には、重要項目として、はんだ接合時の接合強度が挙げられており、はんだ接合時の接合強度を向上させたはんだ合金の開発や提供がなされている。
しかし、電子機器等に使用されるはんだ接合部は、電子機器の使用には特に電流が流れた状態になることや高温に曝される場合も多く、また、外部の環境によってはんだ接合部の温度上昇が加速される場合もあり、高温状態でのはんだ接合部の経時劣化を抑制することも、はんだ接合部の信頼性を高めるためには必要である。
一方、はんだ接合部の評価として、はんだ接合部を冷温状態及び高温状態に一定時間放置することを繰り返すヒートサイクル試験と言われる試験方法を用いて評価する方法が一般的に用いられているが、この方法は高温状態の後に冷温状態にて一定時間放置するため、高温状態のままで長時間放置するエージング試験の場合とは、試験後のはんだ接合部の状態が異なるとも知られている。
本発明は、実際の電子機器の使用実態に応じた状況の一例を示す環境である高温状態に連続してはんだ接合部が曝されることによる、はんだ接合部の接合強度の低下を抑制するはんだ合金組成に関する発明である。
【００１３】
本発明は、Ｓｎが７６．０～９９．５質量％、Ｃｕが０．1～２．０質量％、Ｎｉが０．０１～０．５質量％、Ｂｉが０．１～５．０質量％を含有することを特徴とする鉛フリーはんだ合金であり、当該鉛フリーはんだ合金を用いたはんだ接合部である。
【００１４】
また、Ｓｎが７６．０～９９．５質量％、Ｃｕが０．1～２．０質量％、Ｎｉが０．０１～０．５質量％、Ｂｉが０．１～５．０質量％を含有する基本組成に、Ｓｂを０．１～５．０質量％、Ｉｎを０．１～１０．０質量％、Ｇｅが０．００１～１．０質量％、及びＧａが０．００１～１．０質量％から選択される１種又は２種以上添加することも可能である。
そして、本発明のＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉを基本組成とする鉛フリーはんだ合金には、本発明の効果を有する範囲に於いて、Ｐ、Ｃｏ、Ａｌ、Ｔｉ、Ａｇ等の元素を任意に添加することも可能である。
【００１５】
上記Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉを基本成分とするはんだ合金に、Ｓｂを添加することによって、本発明の効果を有しながらはんだ接合部の機械的強度向上が相乗的に期待できる。

また、Ｉｎを添加した場合、ＣｕやＳｂの含有量が１質量％を超えて当該はんだ合金に配合された場合でも、本発明の効果を有しながら固相線温度を下げる効果をも有し、電子機器に接合する電子部品等やはんだ付け作業の負荷低減効果が期待できる。

そして、ＧｅやＧａを添加した場合は、本発明の効果を有しながらはんだ接合部の酸化を抑制することや濡れ性の向上が可能となり、はんだ接合部の長期信頼性やはんだ接合特性を相乗的に向上することが期待できる。

【００１６】

次に、本発明の効果について実験例を例示し、説明する。

本発明の鉛フリーはんだ合金について、以下に説明するエージング試験を行い評価した。

〔エージング試験〕

（方法）

１）表１に示す組成のはんだ合金を調製し、溶解させた後、１０ｍｍ×１０ｍｍの断面を有するｄｏｇ－ｂｏｎｅ形状の鋳型に鋳込み、測定用サンプルを作製する。

２）測定サンプルを１５０℃に５００時間放置し、エージング処理を行う。

３）島津製作所製試験機ＡＧ-ＩＳを用いて、エージング処理を行わないサンプルと行ったサンプルを、室温（２０℃～２５℃）１０ｍｍ/分の条件にて、各サンプルが切断するまで引っ張り、サンプルの引張強度を測定する。

（結果）

結果を図１に示す。

【００１７】

【表１】

表１

Sample No.	Compositions (wt%)	Element (wt%)							
		Sn	Cu	Ni	Bi	Ge	Ag	In	Mn
1	Sn-0.7Cu-0.05Ni-Ge	Balance	0.7	0.05	–	0.007	–	–	–
2	Sn-0.7Cu-0.05Ni-0.5Bi-Ge	Balance	0.7	0.05	0.5	0.007	–	–	–
3	Sn-0.7Cu-0.05Ni-1.0Bi-Ge	Balance	0.7	0.05	1.0	0.006	–	–	–
4	Sn-0.7Cu-0.05Ni-1.5Bi-Ge	Balance	0.7	0.05	1.5	0.006	–	–	–
5	Sn-0.7Cu-0.05Ni-2.0Bi-Ge	Balance	0.7	0.05	2.0	0.006	–	–	–
6	Sn-0.7Cu-0.3Ag	Balance	0.7	–	–	–	0.3	–	–
7	Sn-0.7Cu-0.8Ag	Balance	0.7	–	–	–	0.8	–	–
8	Sn-1.0Cu-0.5Ag-0.05Mn	Balance	1.0	–	–	–	0.5	–	0.008
9	Sn-0.5Cu-3.0Ag	Balance	0.5	–	–	–	3.0	–	–

【００１８】

図１に示すグラフは、左側がエージング未処理サンプルの測定結果を右側がエージング処理をしたサンプルの測定結果を其々示している。

本発明のサンプルは、Ｎｏ.２～５であり、エージング処理を行った場合でも未処理品と比較しても引張強度の低下が少ないことがわかる。

これに対して、比較品であるサンプルＮｏ.１及びサンプルＮｏ．６～９は、エージング未処理品に対してエージング処理品の引張強度の低下が著しい。

この結果から、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉを基本組成とする本発明の鉛フリーはんだ合金は、１５０℃という高温に５００時間曝されながら、他の鉛フリーはんだ合金組成に比べて引張強度の低下が抑制されていることが明確にわかる。

【００１９】

以下、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成において、Ｂｉの添加量の変化に伴う引張強度の変化について詳しく説明する。より詳しくは、斯かる組成にＢｉを０質量％から６質量％まで添加したサンプルの引張強度の変化を測定した結果を基に説明する。

表２は、前記引張強度の測定に用いられたサンプルの組成を示す組成表である。

比較例（サンプルi：サンプル名をＳＮ２）として、Ｂｉを配合しないＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ組成も含む。また、Ｂｉを含有したサンプルを、サンプルii「サンプル名：＋０．１Ｂｉ*」、サンプルiii「サンプル名：＋０．５Ｂｉ*」、サンプルiv「サンプル名：＋１．０Ｂｉ*」、サンプルv「サンプル名：＋１．５Ｂｉ*」、サンプルvi「サンプル名：＋２．０Ｂｉ*」、サンプルvii「サンプル名：＋３．０Ｂｉ*」、サンプルviii「サンプル名：＋４．０Ｂｉ*」、サンプルix「サンプル名：＋５．０Ｂｉ*」及びサンプルx「サンプル名：＋６．０Ｂｉ*」と称する。サンプルi～xは夫々Ｂｉが０．１質量％、０．５質量％、１．０質量％、１．５質量％、２．０質量％、３．０質量％、４．０質量％、５．０質量％及び６．０質量％含まれている。

【００２０】

表２のような組成を有するサンプルi～xは、００１６にて上述した方法により作製された。その後１５０℃にて、０時間及び５００時間エージング処理を施した後、引張強度を測定した。

【００２１】

【表２】

表 2

No	サンプル名	Element(重量%)			
		Sn	Cu	Ni	Bi
サンプルi	SN2	Balance	0.7	0.05	0
サンプルii	+0.1Bi*	Balance	0.7	0.05	0.1
サンプルiii	+0.5Bi*	Balance	0.7	0.05	0.5
サンプルiv	+1.0Bi*	Balance	0.7	0.05	1.0
サンプルv	+1.5Bi*	Balance	0.7	0.05	1.5
サンプルvi	+2.0Bi*	Balance	0.7	0.05	2.0
サンプルvii	+3.0Bi*	Balance	0.7	0.05	3.0
サンプルviii	+4.0Bi*	Balance	0.7	0.05	4.0
サンプルix	+5.0Bi*	Balance	0.7	0.05	5.0
サンプルx	+6.0Bi*	Balance	0.7	0.05	6.0

【００２２】

【表３】

表３

A（0時間）	サンプルNo.	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii	ix	x
	サンプル名	SN2	+0.1Bi＊	+0.5Bi＊	+1.0Bi＊	+1.5Bi＊	+2.0Bi＊	+3.0Bi＊	+4.0Bi＊	+5.0Bi＊	+6.0Bi＊
	測定結果（Mpa）	32.0	33.0	40.0	47.0	51.5	58.9	68.0	78.1	81.5	87.0
C（500時間）	サンプルNo.	i	ii	iii	iv	v	vi	vii	viii	ix	x
	サンプル名	SN2	+0.1Bi＊	+0.5Bi＊	+1.0Bi＊	+1.5Bi＊	+2.0Bi＊	+3.0Bi＊	+4.0Bi＊	+5.0Bi＊	+6.0Bi＊
	測定結果（Mpa）	27.2	30.2	36.7	46.2	52.6	60.0	69.1	74.9	71.8	62.5
強度変化率（C/A）	（%）	85.0%	91.5%	91.8%	98.3%	102.1%	101.9%	101.6%	95.9%	88.1%	71.8%

【００２３】

表３は、サンプルi～xにおける測定結果を示す表である。表３の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表３の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果であり、強度変化率は５００時間エージング後の引張強度の変化を「Ａ」（０時間）を１００として％にて示した結果である。また、図２はサンプルi～xの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。

【００２４】

０時間及び５００時間のエージング処理時間に対して、Ｂｉが添加されているサンプルii～xは、Ｂｉが添加されていないサンプルiより高い引張強度を示していることが分かる

。
また、Ｂｉの添加量が０．１質量％以上であるサンプルii～xにおいては、Ｂｉが添加されていないサンプルiに対して、５００時間のエージング処理の場合、該サンプルi以上の高い引張強度を表している。更にＢｉの添加量が１．０質量％から３．０質量％であるサンプルiv～viiにおいては、強度変化率が９８％以上であり、５００時間エージング後の引張強度の変化率が極めて小さいこと、取分けサンプルv～viiにおいては５００時間エージング後の引張強度がエージングしなかった場合よりも向上していることがわかる。一方、Ｂｉ添加量が６質量％のサンプルxに至ってはＢｉ無添加サンプルiの引張強度の変化率８５．２％を下回る７１．８％となり、好ましい配合量とは言えない。

【００２５】

そして、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合において、Ｂｉの添加量の変化に伴う引張強度の変化について詳しく説明する。より詳しくは、斯かる組成にＢｉを０質量％から６質量％まで添加したサンプルの引張強度の変化を測定した。

【００２６】

表４は前記引張強度の測定に用いられたサンプルの組成を示す組成表である。図３に示しているように、サンプル１「ＳＡＣ３０５」及びサンプル２「ＳＮ１」においては、Ｂｉが含まれておらず、サンプル３「＋０．１Ｂｉ」、サンプル４「＋０．５Ｂｉ」、サンプル５「＋１．０Ｂｉ」、サンプル６「＋１．５Ｂｉ」、サンプル７「＋２．０Ｂｉ」、サンプル８「＋３．０Ｂｉ」、サンプル９「＋４．０Ｂｉ」、サンプル１０「＋５．０Ｂｉ」及びサンプル１１「＋６．０Ｂｉ」は、夫々Ｂｉが０．１質量％、０．５質量％、１質量％、１．５質量％、２質量％、３質量％、４質量％、５質量％及び６質量％含まれている。

【００２７】

更に、サンプル１「ＳＡＣ３０５」を除く他の全てのサンプルにおいては、Ｃｕ、Ｎｉ、及び、Ｇｅが夫々０．７質量％、０．０５質量％、及び、０．００６質量％含まれ、残部がＳｎである。また、サンプル１「ＳＡＣ３０５」ではＡｇ及びＣｕが夫々３質量％及び０．５質量％含まれており、残部がＳｎである。

【００２８】

以下、説明の便宜上、サンプル１「ＳＡＣ３０５」、サンプル２「ＳＮ１」、サンプル３「+10．１Ｂｉ」、サンプル４「＋０．５Ｂｉ」、サンプル５「＋１．０Ｂｉ」、サンプル６「＋１．５Ｂｉ」、サンプル７「＋２．０Ｂｉ」、サンプル８「＋３．０Ｂｉ」、サンプル９「＋４．０Ｂｉ質量％」、サンプル１０「＋５．０Ｂｉ」、サンプル１１「＋６．０Ｂｉ」を、夫々「サンプル１」、「サンプル２」、「サンプル３」、「サンプル４」、「サンプル５」、「サンプル６」、「サンプル７」、「サンプル８」、「サンプル９」、「サンプル１０」、「サンプル１１」と称する。

【００２９】

【表４】

表４

No	サンプル名	Element(重量%)					
		Sn	Ag	Cu	Ni	Ge	Bi
サンプル1	SNC305	Balance	3	0.5	0	0	0
サンプル2	SN1	Balance	0	0.7	0.05	0.006	0
サンプル3	+0.1Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	0.1
サンプル4	+0.5Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	0.5
サンプル5	+1.0Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	1
サンプル6	+1.5Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	1.5
サンプル7	+2.0Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	2
サンプル8	+3.0Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	3
サンプル9	+4.0Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	4
サンプル10	+5.0Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	5
サンプル11	+6.0Bi	Balance	0	0.7	0.05	0.006	6

【００３０】

表４のような組成を有するサンプル１～１１は上述した方法により作製された。作製されたサンプル１～１１に対して、１５０℃にて、０時間及び５００時間エージング処理を施した後、上述した方法により引張強度を測定した。

【００３１】

【表５】

表５

A（0時間）	サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	サンプル名	SNC305	SN1	+0.1Bi	+0.5Bi	+1.0Bi	+1.5Bi	+2.0Bi	+3.0Bi	+4.0Bi	+5.0Bi	+6.0Bi
	測定結果（Mpa）	48.2	32.5	32.8	39.9	46.5	51.6	58.7	68.2	78.3	81.6	86.1

C（500時間）	サンプルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	サンプル名	SNC305	SN1	+0.1Bi	+0.5Bi	+1.0Bi	+1.5Bi	+2.0Bi	+3.0Bi	+4.0Bi	+5.0Bi	+6.0Bi
	測定結果（Mpa）	35.6	27.7	30	36.5	45.6	52.7	59.1	70.2	75.1	71.9	61.8

強度変化率（C/A）	（%）	73.9%	85.2%	91.5%	91.6%	98.2%	102.2%	100.7%	102.9%	95.9%	88.1%	71.8%

【００３２】

表５はサンプル１～１１における、測定結果を示す表である。表５の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表５の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果であり、強度変化率は５００時間エージング後の引張強度の変化を％にて示した結果である。また、図３はサンプル１～１１の引張強度の測定結果をまとめたグラフである。

【００３３】

０時間及び５００時間のエージング処理時間に対して、Ｂｉが添加されているサンプル３～１１は、Ｂｉが添加されていないサンプル２より高い引張強度を示していることが分かる。

また、Ｂｉの添加量が０．５質量％以上であるサンプル４～１１においては、Ｂｉが添

加されておらず、Ａｇが添加されているサンプル１に対して、５００時間のエージング処理の場合、該サンプル１以上の引張強度を表している。更にＢｉの添加量が１．０質量％から３．０質量％であるサンプル５～８においては、強度変化率が９８％以上であり、５００時間エージング後の引張強度の変化率が極めて少ないことがわかる。

従って、サンプル４～１１においては、Ａｇを使用しないことからコストダウンを図ることができるうえ、引張強度の向上の効果を奏する。

【００３４】

なお、サンプル３～９においては、すなわち、Ｂｉの添加量が０．１質量％から４質量％に増加するにつれて、引張強度が高くなることが分かる。かつ、斯かるＢｉ添加量の範囲においては、エージング処理がなかった場合と、５００時間のエージング処理がされた場合とにおいて、引張強度に大きな差も見当たらない。

【００３５】

一方、Ｂｉの添加量が５質量％以上であるサンプル１０及び１１においては、Ｂｉの添加量の増加の際、エージング処理がされていない場合の引張強度は高くなるものの、強度変化率が低下する傾向を見せており、特に６質量％に至ってはＢｉ無添加（サンプル２）の引張強度の変化率８５．２％を下回る７１．８％となり、好ましい配合量とは言えない。

【００３６】

以上の測定結果から、Ｓｎ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｂｉ、Ｇｅからなる鉛フリーはんだ合金において、１５０℃という高温に長時間曝される過酷な使用環境では、Ｂｉの添加量が０．５質量％～４．０質量％であることが望ましく、更にはＢｉの添加量が１．０質量％～３．０質量％であることが望ましい。斯かるＢｉの添加量の範囲内においては、上述したように、５００時間のエージング処理時間に対しても高い引張強度を得ることができる。また、エージング処理がなかった場合と、エージング処理がされた場合とにおいて、引張強度に大きさ差も生じなく、安定した引張強度が得られる。

【００３７】

なお、Ｂｉの添加量が５質量％であるサンプル１０の場合は、上述したように、エージング処理がされた後の引張強度がエージング処理のされていない場合より下がっている。しかし、エージング処理がされた後の引張強度が、Ｂｉが添加されていないサンプル１及び２の引張強度の変化率が小さいことから、Ｂｉの添加量は０．１質量％～５．０質量％であっても良い。

【００３８】

また、以下、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合において、Ｃｕの添加量の変化に伴う引張強度の変化について詳しく説明する。

【００３９】

この際、Ｎｉ、Ｂｉ、及び、Ｇｅが夫々０．０５質量％、１．５質量％、及び、０．００６質量％含まれ、また、Ｃｕは０．０５質量％から２．２質量％まで添加され、かつ、残部がＳｎである。以下においては説明の便宜上、Ｃｕが０．０５質量％添加されたサンプルを「０．０５Ｃｕ」、０．１質量％添加されたサンプルを「０．１Ｃｕ」、０．７質量％添加されたサンプルを「０．７Ｃｕ」、２質量％添加されたサンプルを「２Ｃｕ」、２．２質量％添加されたサンプルを「２．２Ｃｕ」と称する。

【００４０】

このようなサンプルは上述した方法により作製され、作製されたサンプルに対して、１５０℃にて、０時間及び５００時間エージング処理を施した後、上述した方法により引張強度を測定した。

【００４１】

【表６】

表 6

A（0時間）	サンプル名	0.05Cu	0.1Cu	0.7Cu	2Cu	2.2Cu
	測定結果（Mpa）	46.4	46.6	51.6	61.2	60.2

C（500時間）	サンプル名	0.05Cu	0.1Cu	0.7Cu	2Cu	2.2Cu
	測定結果（Mpa）	44.7	45.4	52.7	60.9	57.6

強度変化率（C/A）	（%）	96%	97%	102%	100%	96%

【００４２】
表６は、上述したＣｕの添加量が異なるサンプルに対する引張強度の測定結果を示す表である。表６の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表４の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果である。また、図４はＣｕの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【００４３】
「０．０５Ｃｕ」～「２．２Ｃｕ」何れのサンプルにおいても、エージング前後における強度変化率は９０％を上回っており、良好である。しかし、Ｃｕの添加量が０．０５質量％である場合は、いわゆるＣｕ食われの増加等の不具合が発生する虞があることから、望ましくない。一方、Ｃｕの添加量が２．２質量％である場合は、液相温度の上昇、引け巣発生等の不具合が発生する虞があることから、望ましくない。
【００４４】
以上のことから、上述した組成にて、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合においては、Ｃｕの添加量が０．１質量％～２．０質量％であることが望ましい。
【００４５】
また、以下、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合において、Ｎｉの添加量の変化に伴う引張強度の変化について詳しく説明する。
【００４６】
この際、Ｃｕ、Ｂｉ、及び、Ｇｅが夫々０．７質量％、１．５質量％、及び、０．００６質量％含まれ、また、Ｎｉは０．００５質量％から０．５５質量％まで添加され、かつ、残部がＳｎである。以下においては説明の便宜上、Ｎｉが０．００５質量％添加されたサンプルを「０．００５Ｎｉ」、０．０１質量％添加されたサンプルを「０．０１Ｎｉ」、０．０５質量％添加されたサンプルを「０．０５Ｎｉ」、０．５質量％添加されたサンプルを「０．５Ｎｉ」、０．５５質量％添加されたサンプルを「０．５５Ｎｉ」と称する。
【００４７】
このようなサンプルは上述した方法により作製され、作製されたサンプルに対して、１５０℃にて、０時間及び５００時間エージング処理を施した後、上述した方法により引張強度を測定した。
【００４８】

【表７】

表 7

A（0時間）	サンプル名	0.005Ni	0.01Ni	0.05Ni	0.5Ni	0.55Ni
	測定結果（Mpa）	52.7	51.5	51.6	55.5	56.1

C（500時間）	サンプル名	0.005Ni	0.01Ni	0.05Ni	0.5Ni	0.55Ni
	測定結果（Mpa）	50.7	50.7	52.7	56.5	55.1

強度変化率（C/A）	（%）	96%	98%	102%	102%	98%

【００４９】
表７は、上述したＮｉの添加量が異なるサンプルに対する引張強度の測定結果を示す表である。表７の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表７の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果である。また、図５はＮｉの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【００５０】
「０．００５Ｎｉ」～「０．５５Ｎｉ」何れのサンプルにおいても、エージング前後における強度変化率は９０％を上回っており、良好である。しかし、Ｎｉの添加量が少ない場合は、合金層界面での金属間化合物の粗大化抑制効果が失われ、クラックの起点となり得るので、望ましくない。一方、Ｎｉの添加量が０．５質量％を超えると、液相温度が上昇し、引け巣発生の原因となることから、望ましくない。
【００５１】
以上のことから、上述した組成にて、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合においては、Ｎｉの添加量が０．０１質量％～０．５質量％であることが望ましい。
【００５２】
また、以下、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成に対してＧｅを添加した場合において、Ｇｅの添加量の変化に伴う引張強度の変化について詳しく説明する。
【００５３】
この際、Ｃｕ、Ｎｉ、及び、Ｂｉが夫々０．７質量％、０．０５質量％、及び、１．５質量％含まれ、また、Ｇｅは０．０００１質量％から１質量％まで添加され、かつ、残部がＳｎである。以下においては説明の便宜上、Ｇｅが０．０００１質量％添加されたサンプルを「０．０００１Ｇｅ」、０．００１質量％添加されたサンプルを「０．００１Ｇｅ」、０．００６質量％添加されたサンプルを「０．００６Ｇｅ」、０．１質量％添加されたサンプルを「０．１Ｇｅ」、１質量％添加されたサンプルを「１Ｇｅ」と称する。
【００５４】
このようなサンプルは上述した方法により作製され、作製されたサンプルに対して、１５０℃にて、０時間及び５００時間エージング処理を施した後、上述した方法により引張強度を測定した。
【００５５】

【表８】

表 8

A (0時間)	サンプル名	0.0001Ge	0.001Ge	0.006Ge	0.1Ge	1Ge
	測定結果 (Mpa)	52.4	52.7	51.6	59.0	79.4

C (500時間)	サンプル名	0.0001Ge	0.001Ge	0.006Ge	0.1Ge	1Ge
	測定結果 (Mpa)	50.7	51.5	52.7	52.9	55.3

強度変化率 (C/A)	(%)	97%	98%	102%	90%	70%

【００５６】
表８は、上述したＧｅの添加量が異なるサンプルに対する引張強度の測定結果を示す表である。表８の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表８の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果である。また、図６はＧｅの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。
【００５７】
「０．０００１Ｇｅ」～「０．１Ｇｅ」何れのサンプルにおいても、エージング前後における強度変化率は９０％を上回っており、良好である。しかし、Ｇｅの添加量が０．００１質量％である場合は、酸化防止効果が抑制されるため、望ましくない。一方、Ｇｅの添加量が１質量％である場合は、エージング前後における強度変化率は９０％を大きく下回っている。
【００５８】
以上のことから、上述した組成にて、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合においては、Ｇｅの添加量が０．００１質量％～０．１質量％であることが望ましい。
【００５９】
一方、Ｇｅの添加量が増すにつれて酸化防止効果の向上が期待できることから、Ｇｅの添加量を０．００１質量％～１．０質量％にすることも可能である。
【００６０】
また、以下、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＧｅを添加した場合において、Ｉｎの添加量の変化に伴う引張強度の変化について詳しく説明する。
【００６１】
この際、Ｃｕ，Ｎｉ、Ｂｉ、及び、Ｇｅが夫々０．７質量％、０．０５質量％、１．５質量％、及び、０．００６質量％含まれ、また、Ｉｎは０質量％から１０質量％まで添加され、かつ、残部がＳｎである。以下においては説明の便宜上、Ｉｎが０質量％添加されたサンプルを「０Ｉｎ」、０．１質量％添加されたサンプルを「０．１Ｉｎ」、３質量％添加されたサンプルを「３Ｉｎ」、４質量％添加されたサンプルを「４Ｉｎ」、５質量％添加されたサンプルを「５Ｉｎ」、６質量％添加されたサンプルを「６Ｉｎ」、７質量％添加されたサンプルを「７Ｉｎ」、１０質量％添加されたサンプルを「１０Ｉｎ」と称する。
【００６２】
このようなサンプルは上述した方法により作製され、作製されたサンプルに対して、１

５０℃にて、０時間及び５００時間エージング処理を施した後、上述した方法により引張強度を測定した。

【００６３】

【表９】

表９

A（0時間）										
サンプル名	0In	0.1In	3In	4In	5In	6In	7In	10In		
測定結果（Mpa）	51.6	51.4	56.7	57.9	62.0	66.1	67.5	67.3		
C（500時間）										
サンプル名	0In	0.1In	3In	4In	5In	6In	7In	10In		
測定結果（Mpa）	52.7	51.4	58.7	60.4	67	73.5	74.4	48.8		
強度変化率（C/A）	（%）	102%	100%	104%	104%	108%	111%	110%	73%	

【００６４】

表９は、上述したＩｎの添加量が異なるサンプル（以下、単に、Ｉｎ変化サンプルと言う。）に対する引張強度の測定結果を示す表である。表９の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表９の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果である。また、図７はＩｎの添加量が異なるサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。

【００６５】

「１０Ｉｎ」を除く何れのサンプルにおいても、エージング前後における強度変化率は９０％を上回っており、良好である。従って、Ｉｎの添加量が０．１質量％～７質量％で

あることが有効であるようにも考えられる。

【００６６】

一方、表１０はＩｎ変化サンプルに対する伸び率の測定結果を示す表である。表１０において、「Ａ」は０時間エージング後の伸び率の測定結果であり、表１０の「Ｃ」は５００時間エージング後の伸び率の測定結果であり、伸び変化率は５００時間エージング後の伸び率の変化を百分率（％）にて示した結果である。また、図８は前記Ｉｎ変化サンプルの伸び率の測定結果をまとめたグラフである。

【００６７】

【表１０】

表 10

A（0時間）	サンプル名	0In	0.1In	3In	4In	5In	6In	7In	10In
	測定結果（%）	33	39	38	32	27	22	22	14
C（500時間）	サンプル名	0In	0.1In	3In	4In	5In	6In	7In	10In
	測定結果（%）	37	37	35	35	32	26	21	24
伸び変化率（C/A）	（%）	112%	95%	92%	109%	119%	118%	95%	171%

【００６８】

ここで伸び率は、以下の式にて求められる。但し、「σ」は伸び率、「Ｌｏ」は引張強度測定前の標点間の距離、「Ｌ」は引張強度測定後の標点間の距離である。

σ（％）＝（Ｌ－Ｌｏ）／Ｌｏ×１００

【００６９】
　また、伸び率は、引張強度の測定前に所定の標点間距離(５０ｍｍ（Ｌｏ）)を試験片に印付けし、引張強度の測定後の破断した試験片の突き合わせた時の標点間の長さ（Ｌ）を計測し、上記式を用いて計算した。
【００７０】
　表１０及び図８から分かるように、Ｉｎの添加量が４質量％（４Ｉｎ）～６質量％（６Ｉｎ）である範囲においては、何れのサンプルも伸び変化率が安定して１００％を上回っている。すなわち、斯かる範囲においては、エージング後に伸び率が向上されている。
【００７１】
　換言すれば、斯かる範囲においては、エージング前に比べて、エージング後、変形が生じ易くなると言える。外部からの衝撃があった場合、変形により該衝撃を吸収して全体的にはある程度の強度上昇を齎すこともあることから、斯かる伸び率の向上は強度の向上に寄与すると言える。
【００７２】
　しかし、Ｉｎの添加量が多すぎる場合は、変態開始温度が下がる虞がある。
【００７３】
　以上のことから、上述した組成にて、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成にＩｎを添加した場合においては、Ｉｎの添加量が０．１質量％～６質量％であることがより望ましい。
【００７４】
　一方、Ｉｎの添加量が増すにつれて液相温度の低下、及び、強度の上昇が期待できることから、Ｉｎの添加量を０．１質量％～１０．０質量％にすることも可能である。
【００７５】
　以下においては、Ｎｉ、Ｇｅ及びＢｉが添加されておらず、Ａｇ、Ｃｕ及びＳｎのみを含む「ＳＡＣ３０５」サンプルと、Ｓｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉの基本組成に、Ｇｅ、Ｓｂ、Ｉｎ、Ｇａ、Ｐ、Ｃｏ、Ａｌ、Ｔｉ又はＡｇ（以下、添加元素とも言う）を添加した場合における強度変化を説明する。
【００７６】

【表１１】

表 11

A (0時間)	サンプルNo.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
	サンプル名	SAC305	+1.5Bi	0.001Ge	0.1Ge	0.1Sb	5Sb	0.1In	10In	0.001Ga	1Ga	0.005P	0.05Co	0.01Al	0.005Ti
	測定結果 (Mpa)	48.2	51.6	52.7	59.0	52.6	64.6	51.4	67.3	50.6	62.5	50.7	50.4	49.9	52.4
C (500時間)	サンプル名	SAC305	+1.5Bi	0.001Ge	0.1Ge	0.1Sb	5Sb	0.1In	10In	0.001Ga	1Ga	0.005P	0.05Co	0.01Al	0.005Ti
	測定結果 (Mpa)	35.6	52.7	51.5	52.9	52.2	64.4	51.4	48.8	51.6	71.8	53.3	54.0	51.8	54.2
強度変化率 (C/A)	(%)	74%	102%	98%	90%	99%	100%	100%	73%	102%	115%	105%	107%	104%	103%

【００７７】

表１１は、斯かる添加元素が添加されたサンプルの引張強度の測定結果を示す表である。表１１の「Ａ」は０時間エージング後の引張強度の測定結果であり、表１１の「Ｃ」は５００時間エージング後の引張強度の測定結果である。また、図９は斯かる添加元素が添加されたサンプルの引張強度の測定結果をまとめたグラフである。

【００７８】

更に、斯かる添加元素が添加されたサンプルの組成を表１２に示す。ここで「ＳＡＣ３０５」は、前記表４における「ＳＡＣ３０５」（日本スペリア社製）と同一組成のものであり、「＋１．５Ｂｉ」（Ｉ）の組成は既に表２に示しているので詳しい組成表示を省略

する。
【００７９】
【表１２】

表 12

	Ge	Sb	In	Ga	P	Co	Al	Ti	Ag
0.001Ge(Ⅱ)	0.001	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1Ge(Ⅲ)	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1Sb(Ⅳ)	0.006	0.1	0	0	0	0	0	0	0
5Sb(Ⅴ)	0.006	5	0	0	0	0	0	0	0
0.1In(Ⅵ)	0.006	0	0.1	0	0	0	0	0	0
10In(Ⅶ)	0.006	0	10	0	0	0	0	0	0
0.001Ga(Ⅷ)	0.006	0	0	0.001	0	0	0	0	0
1Ga(Ⅸ)	0.006	0	0	1	0	0	0	0	0
0.005P(Ⅹ)	0.006	0	0	0	0.005	0	0	0	0
0.05Co(ⅩⅠ)	0.006	0	0	0	0	0.05	0	0	0
0.01Al(ⅩⅡ)	0.006	0	0	0	0	0	0.01	0	0
0.005Ti(ⅩⅢ)	0.006	0	0	0	0	0	0	0.005	0
1Ag(ⅩⅣ)	0.006	0	0	0	0	0	0	0	1

単位:質量%

表１１及び表１２において、サンプルII～XIVは、何れにおいても、Ｃｕ，Ｎｉ、及びＢｉが夫々０．７質量％、０．０５質量％、及び１．５質量％含まれている。以下においては、説明の便宜上、このような、Ｃｕ，Ｎｉ、及びＢｉの含有量を基本組成とも言う。
【００８０】
また、サンプルII及びIIIにおいては、前記基本組成に加えて、Ｇｅが夫々０．００１質量％又は０．１質量％更に含まれており、残部はＳｎである。なお、サンプルIV～XIVにおいては、前記基本組成と共にＧｅを０．００６質量％含むうえ、更に斯かる添加元素が含まれている。
【００８１】
図９及び表１１から分かるように、エージング前後において、強度変化率が９０％を下回るものは「ＳＡＣ３０５」及び「１０Ｉｎ」（VII）のみである。すなわち、サンプルVIIの場合を除いて、各サンプルにおける添加元素及び当該添加量は、エージング後の信頼性（強度の向上）を向上させるという本発明の効果を維持しつつ、斯かる添加元素に固有の効果も共に得ることが出来ると判断される。
【００８２】
例えば、Ｇｅ及びＰは酸化被膜によるＳｎ及びはんだ成分の酸化防止という固有の効果を奏する。Ｔｉ及びＧａは自己酸化効果及びバルク強度の上昇という固有の効果を奏する。Ｉｎは液相温度の低下及び強度の上昇という固有の効果を奏し、Ａｇは分散・析出強化によるエージング前の強度上昇という固有の効果を奏する。Ｃｏは金属間化合物層の微細化という固有の効果を奏し、Ａｌは金属間化合物の微細化、エージング後の強度低下の抑制、及び、自己酸化効果という固有の効果を奏する。
【００８３】
表１３は、エージング前後における、「ＳＡＣ３０５」と、サンプルI～XIVとの引張強度を比較した表である。より詳しくは、「ＳＡＣ３０５」に対するサンプルI～XIVの引張強度の比、サンプルIに対する「ＳＡＣ３０５」及びサンプルII～XIVの引張強度の比を百

分率（％）として示した。換言すれば、エージング前後での、「ＳＡＣ３０５」及びサンプルIに対する相対的引張強度を示している。

【００８４】

【表１３】

表 13

合金	エージング前		エージング前	
	SAC305比較	SN1+1.5Bi比較	SAC305比較	SN1+1.5Bi比較
SAC305	100	93	100	67
1.5Bi	107	100	148	100
0.001Ge	109	102	145	98
0.1Ge	123	115	149	100
0.1Sb	109	102	147	99
5Sb	134	125	181	122
0.1In	107	100	144	97
10In	140	131	137	93
0.001Ga	105	98	145	98
1Ga	130	121	202	136
0.005P	105	98	150	101
0.05Co	105	98	152	102
0.01Al	104	97	146	98
0.005Ti	109	102	152	103
1Ag	124	116	157	106

単位:%

【００８５】

表１３から解かるように、エージング前後の何れの場合においても、サンプルII～XIVの全てに対して、９３％以上であり、特に、サンプルV及びIXにおいては、エージング前後に亘って１２０％を超えている。このような結果からも、上述したように、前記添加元素を添加した場合、本発明の効果を維持しつつ、斯かる添加元素に固有の効果も共に得ることが出来ると判断される。

【００８６】

本発明のＳｎ-Ｃｕ-Ｎｉ-Ｂｉを基本組成とする鉛フリーはんだ合金は、本発明の効果を有する範囲に於いて、形状や使用方法に限定はなく、フロー及びリフローはんだ付けにも使用可能であり、フロー用のバータイプのはんだ形状は勿論のこと、用途によって、はんだペースト、ヤニ入りはんだ、粉末状、プリフォーム状、及びボール状等の種々の形態に加工することも可能である。

そして、種々の形状に加工された本発明の鉛フリーはんだ合金を用いてはんだ接合したはんだ接合部も本発明の対象である。

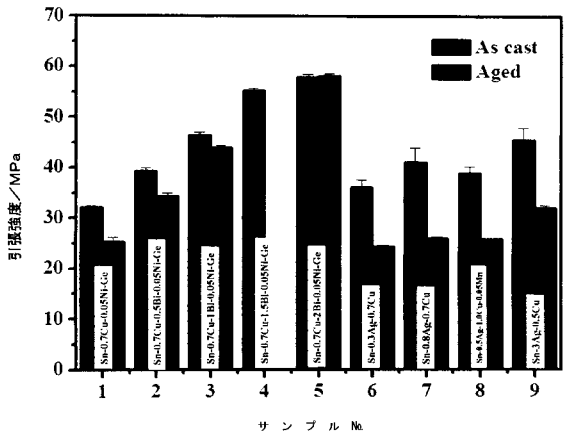
【産業上の利用可能性】

【００８７】

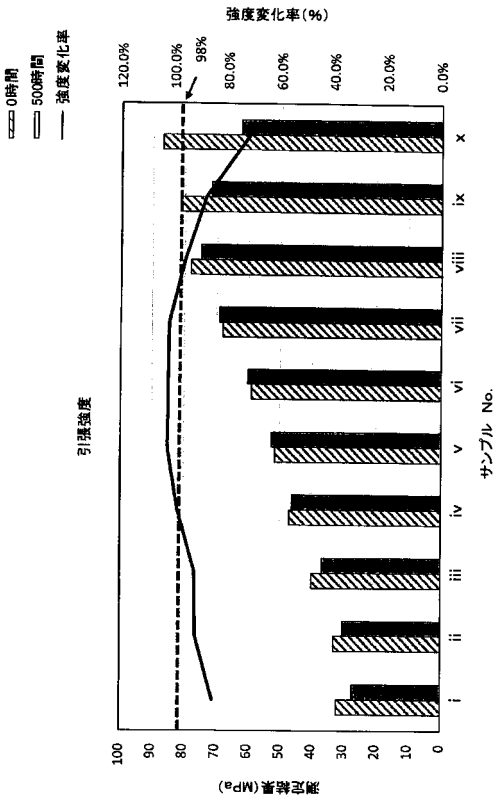
本発明は、はんだ製品の形態に限定されることのない汎用性のある鉛フリーはんだ合金であり、高温状態に長時間曝された状態でもはんだ接合部の接合強度の低下が少ないため、はんだ接合部の信頼性が長期に亘り高く、電子機器のはんだ接合は勿論のこと大電流が流れるはんだ接合部を有する装置・機器や高温状態に曝される装置・機器等に広く応用が

期待できる。

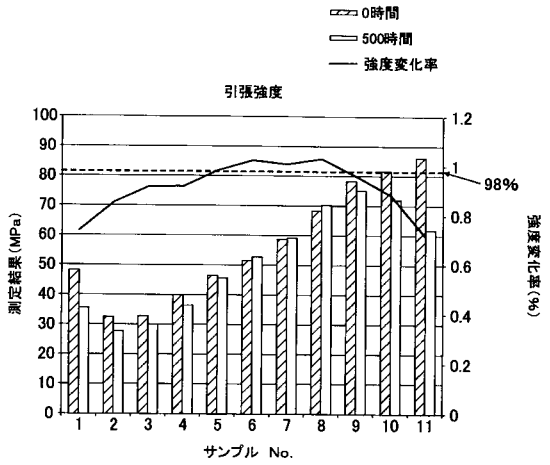
【図１】


As cast
Aged
引張強度／MPa
サンプル No.

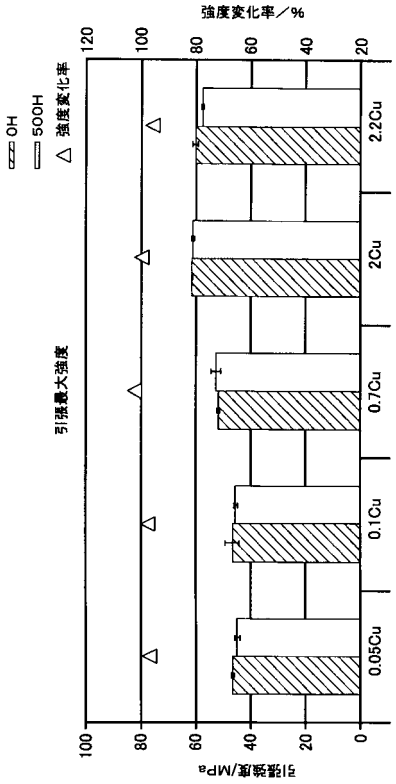
【図２】


0時間
500時間
強度変化率
強度変化率(%)
引張強度
測定結果(MPa)
サンプル No.

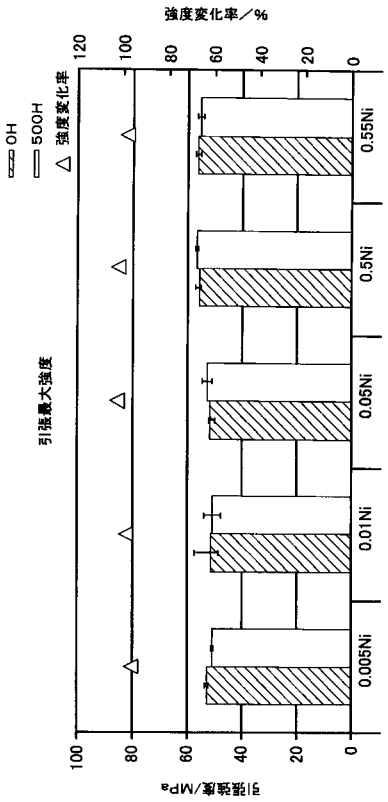
【図３】


0時間
500時間
強度変化率
引張強度
測定結果(MPa)
強度変化率(%)
98%
サンプル No.

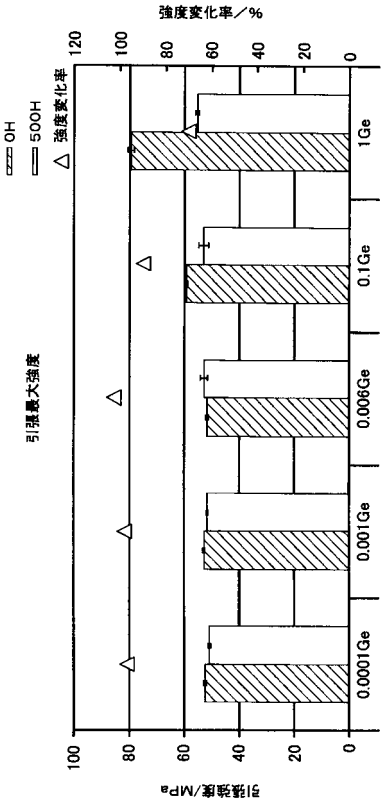
【図４】


強度変化率／%
0H
500H
強度変化率
引張最大強度
2.2Cu
2Cu
0.7Cu
0.1Cu
0.05Cu
引張強度/MPa

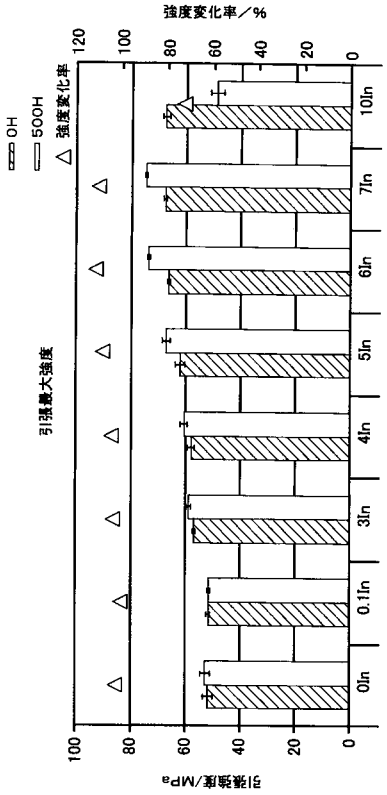
【図５】


強度変化率／%
0H
500H
強度変化率
引張最大強度
0.55Ni
0.5Ni
0.05Ni
0.01Ni
0.005Ni
引張強度/MPa

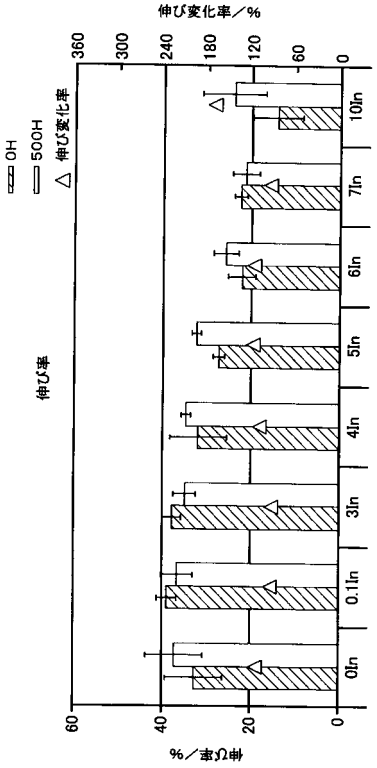
【図６】


強度変化率／%
0H
500H
強度変化率
引張最大強度
1Ge
0.1Ge
0.006Ge
0.001Ge
0.0001Ge
引張強度/MPa

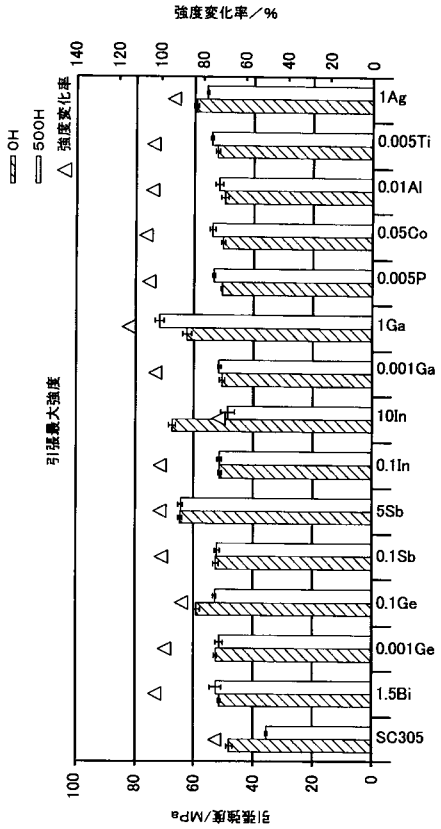
【図７】


強度変化率／%
0H
500H
強度変化率
引張最大強度
引張強度/MPa
0In
0.1In
3In
4In
5In
6In
7In
10In

【図８】


伸び変化率／%
0H
500H
伸び変化率
伸び率
伸び率／%
0In
0.1In
3In
4In
5In
6In
7In
10In

【図９】


強度変化率／%
0H
500H
強度変化率
引張最大強度
引張強度/MPa
1Ag
0.005Ti
0.01Al
0.05Co
0.005P
1Ga
0.001Ga
10In
0.1In
5Sb
0.1Sb
0.1Ge
0.001Ge
1.5Bi
SC305